

(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 475 875 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

10.11.2004 Patentblatt 2004/46

(51) Int Cl.7: H02H 7/122

(21) Anmeldenummer: 04101298.0

(22) Anmeldetag: 30.03.2004

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK

(72) Erfinder:

- Bay, Wolfgang  
65936, Frankfurt am Main (DE)
- Fischer, Patrick  
63454, Hanau (DE)
- Henninger, Michael  
65779, Kelkheim (DE)

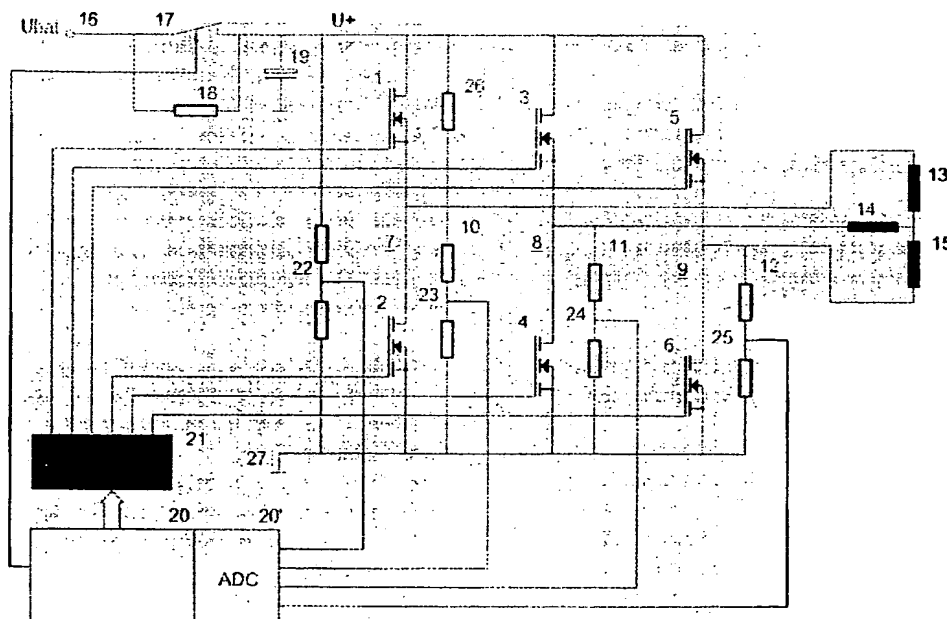
(30) Priorität: 09.05.2003 DE 10320926

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

## (54) Verfahren und Anordnung zur Prüfung einer Leistungsstufe

(57) Bei einem Verfahren und einer Anordnung zur Prüfung einer Leistungsstufe, wobei die Leistungsstufe mindestens eine aus einer Reihenschaltung eines oberen und eines unteren Halbleiterschalters bestehende und mit Betriebsspannung beaufschlagte Halbbrücke aufweist und wobei der Verbindungspunkt der Halbleiterschalter der mindestens einen Halbbrücke einen Ausgang bildet, ist vorgesehen, dass von einer Steuereinrichtung folgende Schritte durchgeführt werden: Prüfung, ob bei nicht in den leitenden Zustand ge-

steuerten Halbleiterschaltern die Spannung an dem Ausgang in einem vorgegebenen mittleren Toleranzbereich liegt, Prüfung, ob bei in den leitenden Zustand geschaltetem oberen Halbleiterschalter die Spannung am Ausgang in einem vorgegebenen oberen Toleranzbereich liegt, Prüfung, ob bei in den leitenden Zustand geschaltetem unteren Halbleiterschalter die Spannung am Ausgang in einem vorgegebenen unteren Toleranzbereich liegt, und dass die Leistungsstufe als fehlerfrei erkannt wird, wenn alle Ausgangsspannungen innerhalb des jeweiligen Toleranzbereichs liegen.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Prüfung einer Leistungsendstufe, wobei die Leistungsendstufe mindestens eine aus einer Reihenschaltung eines oberen und eines unteren Halbleiterschalters bestehende und mit Betriebsspannung beaufschlagte Halbbrücke aufweist und wobei der Verbindungspunkt der Halbleiterschalter der mindestens einen Halbbrücke einen Ausgang bildet.

**[0002]** Mit Halbleiterschaltern bestückte Leistungsendstufen werden unter anderem in Kraftfahrzeugen zur Ansteuerung von Verbrauchern, beispielsweise Gleichstrommotoren, verwendet. Durch die rasante Entwicklung von niederohmigen Leistungs-MOSFETs können auch Verbraucher im Kilowattbereich kostengünstig angesteuert werden. In Kraftfahrzeugen kann es vorkommen, dass die Leistungsendstufe und der Verbraucher räumlich voneinander getrennt angeordnet werden, wobei Kurzschlüsse der Verbraucherzuleitungen gegen Masse oder gegen Batteriespannung zu hohen Fehlerströmen führen können. Schmelzsicherungen können im Allgemeinen in diesen Stromkreisen aufgrund ihrer Toleranzen, ihrer Innenwiderstände und der hohen Nutzströme nicht eingesetzt werden. Außerdem kann infolge eines defekten MOSFETs in der Leistungsendstufe ein hoher Fehlerstrom fließen.

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Prüfung der Leistungsendstufen vorzusehen, so dass im Falle eines Kurzschlusses die Betriebsspannung abgeschaltet bzw. gar nicht erst eingeschaltet wird und somit die Leistungsendstufe und das Bordnetz vor Schäden geschützt werden.

**[0004]** Diese Aufgabe wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dadurch gelöst, dass von einer Steuereinrichtung folgende Schritte durchgeführt werden:

- Prüfung, ob bei nicht in den leitenden Zustand gesteuerten Halbleiterschaltern die Spannung an dem Ausgang in einem vorgegebenen mittleren Toleranzbereich liegt,
- Prüfung, ob bei in den leitenden Zustand geschaltetem oberen Halbleiterschalter die Spannung am Ausgang in einem vorgegebenen oberen Toleranzbereich liegt,
- Prüfung, ob bei in den leitenden Zustand geschaltetem unteren Halbleiterschalter die Spannung am Ausgang in einem vorgegebenen unteren Toleranzbereich liegt,

und dass die Leistungsendstufe als fehlerfrei erkannt wird, wenn alle Ausgangsspannungen innerhalb des jeweiligen Toleranzbereichs liegen.

**[0005]** Vorzugsweise ist bei einer vorteilhaften Ausgestaltung vorgesehen, dass vor und während der Prüfungen die Betriebsspannung über eine strombegrenzende Einrichtung zugeführt wird, und dass nach Erkennen der Leistungsendstufe als fehlerfrei die Betriebs-

spannung ohne Strombegrenzung zugeführt wird.

**[0006]** Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, dass während der Prüfung die Halbleiterschalter derart kurzzeitig in den leitenden Zustand geschaltet werden, dass sowohl keine Schäden auftreten als auch der Verbraucher während der Prüfung nicht oder nur unmerklich beeinflusst wird, und dass nach Erkennen der Leistungsendstufe als fehlerfrei den Halbleiterschaltern die für den normalen Betrieb vorgesehenen Ansteuerimpulse zugeführt werden. Bei den gebräuchlichen Halbleiterschaltern kann eine Einschaltzeit von kleiner als etwa 1 bis 2 ms zweckmäßig sein.

**[0007]** Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind nur wenige zusätzliche Widerstände und Eingänge von an den Steuereinrichtungen ohnehin vorhandenen Analog/Digital-Wandlern erforderlich. Diese stellen zusammen mit einem geeigneten Programm in der Steuereinrichtung Fensterkomparatoren dar, die auch in anderer Weise realisiert werden können.

**[0008]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann der Zustand der Leistungsendstufe differenziert beurteilt werden, wobei der jeweilige Verbraucher, beispielsweise ein Motor, während der Prüfung nicht oder nur unmerklich beeinflusst wird. Die Prüfung kann automatisch vor dem jeweiligen Einschalten der Leistungsendstufe erfolgen, beispielsweise bei der Betätigung des Zündschlüssels eines Kraftfahrzeugs, oder auch während des Betriebs durchgeführt werden.

**[0009]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann an Leistungsendstufen mit einer oder mehreren Halbbrücken durchgeführt werden. Bei einem Verfahren, bei dem die Leistungsendstufe mindestens zwei Halbbrücken aufweist, ist vorgesehen, dass die Prüfungen, bei welchen die oberen bzw. die unteren Halbleiterschalter in den leitenden Zustand geschaltet werden, jeweils nacheinander für die Halbleiterschalter der einzelnen Halbbrücken durchgeführt werden. Mit diesem Verfahren ist es auch möglich, dass durch Auswertung der Ausgangsspannungen bei der Prüfung der verschiedenen Halbbrücken Leitungsunterbrechungen zwischen den Ausgängen und einem Verbraucher erkannt werden.

**[0010]** Eine erfindungsgemäße Anordnung löst die Aufgabe dadurch, dass die Ausgangsspannung der mindestens einen Halbbrücke und die Betriebsspannung Eingängen von Fensterkomparatoren zuführbar sind, die mit einer Steuereinrichtung verbunden sind, die eine Ansteuerschaltung für die Halbleiterschalter steuert, und dass die Steuereinrichtung mit einem Programm für folgende Schritte versehen ist:

- Prüfung, ob bei nicht in den leitenden Zustand gesteuerten Halbleiterschaltern die Spannung an dem Ausgang in einem vorgegebenen mittleren Toleranzbereich liegt,
- Prüfung, ob bei in den leitenden Zustand geschaltetem oberen Halbleiterschalter die Spannung am Ausgang in einem vorgegebenen oberen Toleranzbereich liegt,

- Prüfung, ob bei in den leitenden Zustand geschaltetem unteren Halbleiterschalter die Spannung am Ausgang in einem vorgegebenen unteren Toleranzbereich liegt,

und dass die Leistungsstufe als fehlerfrei erkannt wird, wenn alle Ausgangsspannungen innerhalb des jeweiligen Toleranzbereichs liegen.

**[0011]** Eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, dass die Fensterkomparatoren von Analog/Digital-Wandlern gebildet werden, deren Ausgangswerte in der Steuereinrichtung mit den Toleranzbereichen verglichen werden.

**[0012]** Da die Betriebsspannung der Leistungsstufen in der Regel wesentlich höher als diejenige von Mikroprozessoren oder digitalen Signalprozessoren ist, sind bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung die Verbindungen des Ausgangs der mindestens einen Halbbrücke und der Betriebsspannung mit den Eingängen der Fensterkomparatoren über Spannungsteiler vorgesehen.

**[0013]** Um bei abgeschalteten Halbleiterschaltern eine reproduzierbare Spannung am Ausgang sicherzustellen, können bei der erfindungsgemäßen Anordnung Mittel vorgesehen sein, welche bewirken, dass bei nicht leitenden Halbleiterschaltern die jeweilige Ausgangsspannung in dem vorgegebenen mittleren Toleranzbereich liegt. Vorzugsweise ist diese Weiterbildung derart ausgestaltet, dass die Mittel von einem Widerstand gebildet sind, der zwischen dem Ausgang und der Betriebsspannungsquelle liegt und zusammen mit dem Spannungsteiler am Ausgang eine Spannung im mittleren Toleranzbereich erzeugt. Andere geeignete Mittel sind entsprechende Gate-Treiber.

**[0014]** Bei dieser Ausgestaltung können mindestens zwei Halbbrücken vorgesehen sein, von denen nur eine oder mehrere über Mittel verfügen, welche bewirken, dass bei nicht leitenden Halbleiterschaltern die jeweilige Ausgangsspannung in dem vorgegebenen mittleren Toleranzbereich liegt.

**[0015]** Eine Prüfung ohne eine Überlastung der Leistungsstufe und der Einrichtungen zur Spannungsversorgung ist bei einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Anordnung dadurch möglich, dass in der Zuleitung der Betriebsspannung ein steuerbarer Schalter vorgesehen ist, dem ein Widerstand parallel geschaltet ist, und dass der steuerbare Schalter von der Steuereinrichtung steuerbar ist. Alternativ kann bei der erfindungsgemäßen Anordnung vorgesehen sein, dass die zur Prüfung dienenden Impulse derart kurz sind, dass keine Überlastung der Halbleiterschalter stattfindet.

**[0016]** Die Erfindung lässt zahlreiche Ausführungsformen zu. Eine davon ist schematisch in der Zeichnung als Schaltbild einer erfindungsgemäßen Anordnung, bei welcher die Leistungsstufe von drei Halbbrücken gebildet wird, dargestellt und nachfolgend beschrieben.

**[0017]** Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel bilden zwei MOSFETs 1, 2; 3, 4; 5, 6 jeweils eine Halb-

brücke 7, 8, 9 mit Ausgängen 10, 11, 12, an die jeweils eine der in Sternschaltung ausgeführten Wicklungen 13, 14, 15 eines Motors angeschlossen ist. Einem Eingang 16 wird die Betriebsspannung  $U_{bat}$  zugeführt, die als  $U_+$  über ein Relais 17 der Leistungsstufe zugeführt wird. Parallel zu dem Relais 17 liegt ein Strombegrenzungswiderstand 18, über den ein Elektrolyt-Kondensator 19 hoher Kapazität aufgeladen werden kann, wobei das Relais erst eingeschaltet wird, wenn die Spannung  $U_+$  etwa der Spannung  $U_{bat}$  entspricht. Damit wird ein unzulässig hoher Ladestromstoß vermieden. Einzelheiten zu dieser bekannten Schaltung sind in DE 100 57 156 A1 ausgeführt.

**[0018]** Die Anordnung umfasst ferner eine Steuereinrichtung 20, die als solche im Zusammenhang mit Leistungsstufen bekannt ist, von einem Mikrocomputer oder einem digitalen Signalprozessor gebildet wird und als solche zum Verständnis der Erfindung nicht näher erläutert zu werden braucht. Ausgänge der Steuereinrichtung 20 sind mit einer Ansteuerschaltung 21 verbunden, welche Steuersignale HS1, HS2, HS3, LS1, LS2, LS3 für die MOSFETs 1 bis 6 erzeugt. Mit der Steuereinrichtung 20 sind ferner Analog/Digital-Wandler 20' verbunden, deren Eingängen von jeweils einem Spannungsteiler 22, 23, 24, 25 erzeugte Spannungen zuführbar sind. Die Spannungsteiler weisen wesentlich höhere Widerstandswerte als die Wicklungen 13, 14, 15 auf, um den Wirkungsgrad der Endstufe im Betrieb nicht zu verschlechtern.

**[0019]** Dem MOSFET 1 ist ein Widerstand 26 parallel geschaltet, der zusammen mit dem Spannungsteiler 23 bewirkt, dass am Ausgang 10 der Halbbrücke 7 im Falle von nicht leitenden MOSFETs 1, 2 die Hälfte der Spannung  $U_+$  anliegt.

**[0020]** Die Spannungsteiler 22 bis 25 sind derart ausgelegt, dass bei dem höchst möglichen Wert von  $U_+$  die zulässige Spannung von CMOS-Schaltungen nicht überschritten wird. Die vom Spannungsteiler 22 erzeugte Spannung dient für die folgenden beschriebenen einzelnen Prüfungen als Spannungsreferenz zur Bildung der Toleranzbereiche.

**[0021]** Bei der ersten Prüfung folgt keine Ansteuerung der MOSFETs 1 bis 6, so dass der Ausgang 10 die Spannung  $U_+/2$  führt, was in der Steuereinrichtung 20 unter Berücksichtigung einer vorgegebenen Toleranz überprüft wird. Ist dieses der Fall, kann daraus geschlossen werden, dass in den MOSFETs 1, 2 und in der Zuleitung zur Wicklung 13 kein Kurzschluss gegen Masse 27 oder Betriebsspannung  $U_+$  vorliegt. Bei fehlerfreier Leistungsstufe sind bei dieser ersten Prüfung auch die MOSFETs 3 bis 6 nicht leitend, so dass über die Wicklungen 13 bis 15 des Motors die Spannungen an den Ausgängen 11, 12 ebenfalls in dem mittleren Toleranzbereich liegen, was von der Steuereinrichtung 20 geprüft wird.

**[0022]** Bei einer zweiten Prüfung werden nacheinander die "oberen" MOSFETs 1, 3, 5 in den leitenden Zustand geschaltet und dabei jeweils überprüft, ob die

Ausgänge 10, 11, 12 eine Spannung annehmen, die in einem oberen Toleranzbereich, also in der Nähe der Spannung  $U_+$  liegt. Bei einer dritten Prüfung werden die "unteren" MOSFETs 2, 4, 6 nacheinander in den leitenden Zustand gebracht. Dabei wird jeweils überprüft, ob die Spannung an den Ausgängen 10, 11, 12 im unteren Toleranzbereich, also verglichen mit  $U_+$ , in der Nähe des Massepotentials liegt. Aus der Größe der Überschreitung bzw. Unterschreitung des jeweiligen Toleranzbereichs kann auf die Art des Defekts, beispielsweise Kurzschluss oder Überlastung, geschlossen werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung einer Leistungsendstufe, wobei die Leistungsendstufe mindestens eine aus einer Reihenschaltung eines oberen und eines unteren Halbleiterschalters bestehende und mit Betriebsspannung beaufschlagte Halbbrücke aufweist und wobei der Verbindungspunkt der Halbleiterschalter der mindestens einen Halbbrücke einen Ausgang bildet, **dadurch gekennzeichnet, dass** von einer Steuereinrichtung folgende Schritte durchgeführt werden:
  - Prüfung, ob bei nicht in den leitenden Zustand gesteuerten Halbleiterschaltern die Spannung an dem Ausgang in einem vorgegebenen mittleren Toleranzbereich liegt,
  - Prüfung, ob bei in den leitenden Zustand geschaltetem oberen Halbleiterschalter die Spannung am Ausgang in einem vorgegebenen oberen Toleranzbereich liegt,
  - Prüfung, ob bei in den leitenden Zustand geschaltetem unteren Halbleiterschalter die Spannung am Ausgang in einem vorgegebenen unteren Toleranzbereich liegt,
 und dass die Leistungsendstufe als fehlerfrei erkannt wird, wenn alle Ausgangsspannungen innerhalb des jeweiligen Toleranzbereichs liegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor und während der Prüfungen die Betriebsspannung über eine strombegrenzende Einrichtung zugeführt wird und dass nach Erkennen der Leistungsendstufe als fehlerfrei die Betriebsspannung ohne Strombegrenzung zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Prüfung die Halbleiterschalter derart kurzzeitig in den leitenden Zustand geschaltet werden, dass sowohl keine Schäden auftreten als auch der Verbraucher während der Prüfung nicht oder nur unmerklich beeinflusst wird, und dass nach Erkennen der Leistungsendstufe als fehlerfrei den Halbleiterschaltern die für

den normalen Betrieb vorgesehenen Ansteuerimpulse zugeführt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leistungsendstufe mindestens zwei Halbbrücken aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prüfungen, bei welchen die oberen bzw. die unteren Halbleiterschalter in den leitenden Zustand geschaltet werden, jeweils nacheinander für die Halbleiterschalter der einzelnen Halbbrücken durchgeführt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Auswertung der Ausgangsspannungen bei der Prüfung der verschiedenen Halbbrücken Leitungsunterbrechungen zwischen den Ausgängen und einem Verbraucher erkannt werden.
6. Anordnung zur Prüfung einer Leistungsendstufe, wobei die Leistungsendstufe mindestens eine aus einer Reihenschaltung eines oberen und eines unteren Halbleiterschalters bestehende und mit Betriebsspannung beaufschlagte Halbbrücke aufweist und wobei der Verbindungspunkt der Halbleiterschalter der mindestens einen Halbbrücke einen Ausgang bildet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangsspannung der mindestens einen Halbbrücke (7, 8, 9) und die Betriebsspannung Eingängen von Fensterkomparatoren (20) zuführbar sind, die mit einer Steuereinrichtung (20) verbunden sind, die eine Ansteuerschaltung (21) für die Halbleiterschalter (1, 2, 3, 4, 5, 6) steuert, und dass die Steuereinrichtung (20) mit einem Programm für folgende Schritte versehen ist:
  - Prüfung, ob bei nicht in den leitenden Zustand gesteuerten Halbleiterschaltern (1, 2, 3, 4, 5, 6) die Spannung an dem Ausgang (10, 11, 12) in einem vorgegebenen mittleren Toleranzbereich liegt,
  - Prüfung, ob bei in den leitenden Zustand geschaltetem oberen Halbleiterschalter (1, 3, 5) die Spannung am Ausgang (10, 11, 12) in einem vorgegebenen oberen Toleranzbereich liegt,
  - Prüfung, ob bei in den leitenden Zustand geschaltetem unteren Halbleiterschalter (2, 4, 6) die Spannung am Ausgang (10, 11, 12) in einem vorgegebenen unteren Toleranzbereich liegt,
 und dass die Leistungsendstufe als fehlerfrei erkannt wird, wenn alle Ausgangsspannungen innerhalb des jeweiligen Toleranzbereichs liegen.
7. Anordnung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fensterkomparatoren von Ana-

log/Digital-Wandlern (20') gebildet werden, deren Ausgangswerte in der Steuereinrichtung (20) mit den Toleranzbereichen verglichen werden.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungen des Ausgangs (10, 11, 12) der mindestens einen Halbbrücke (7, 8, 9) und der Betriebsspannung mit den Eingängen der Fensterkomparatoren (20') über Spannungsteiler (22, 23, 24, 25) vorgesehen sind. 5 10
9. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel vorgesehen sind, welche bewirken, dass bei nicht leitenden Halbleiterschaltern die jeweilige Ausgangsspannung in dem vorgegebenen mittleren Toleranzbereich liegt. 15
10. Anordnung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel von einem Widerstand (26) gebildet sind, der zwischen dem Ausgang (10) und der Betriebsspannungsquelle liegt und zusammen mit dem Spannungsteiler (23) am Ausgang (10) eine Spannung im mittleren Toleranzbereich erzeugt. 20 25
11. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Halbbrücken (7, 8, 9) vorgesehen sind, von denen nur eine mit Mitteln (26) versehen ist, welche bewirken, dass bei nicht leitenden Halbleiterschaltern die jeweilige Ausgangsspannung in dem vorgegebenen mittleren Toleranzbereich liegt. 30
12. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Halbbrücken (7, 8, 9) vorgesehen sind, die jeweils über Mittel verfügen, welche bewirken, dass bei nicht leitenden Halbleiterschaltern die jeweilige Ausgangsspannung in dem vorgegebenen mittleren Toleranzbereich liegt. 35 40
13. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Zuleitung der Betriebsspannung ein steuerbarer Schalter (17) vorgesehen ist, dem ein Widerstand (18) parallel geschaltet ist, und dass der steuerbare Schalter (17) von der Steuereinrichtung (20) steuerbar ist. 45 50

55

